



Aplikasi Teori Antrian dan Simulasi Promodel untuk Mengurangi Panjang Antrean: Studi Kasus di SPBU Radio Dalam

Glisina Dwinoor Rembulan^{1*}, Giovandri Septorino²

¹Program Studi Manajemen, Universitas Bunda Mulia, Jl. Lodan Raya No 2, Ancol, Jakarta 14430, Indonesia

²Program Studi Teknik Industri, Universitas Bunda Mulia, Jl. Lodan Raya No 2, Ancol, Jakarta 14430, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Artikel Masuk: 5 Februari 2025

Artikel direvisi: 1 Juni 2025

Artikel diterima: 30 Juni 2025

Kata kunci

Antrian
ProModel
Simulasi
SPBU

Keywords

Queue
ProModel
Simulation
Fuel Station

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan pada SPBU Radio Dalam yang merupakan SPBU di Jakarta Selatan yang tidak lagi menjual bensin beroktan rendah yaitu premium. Permasalahan yang terjadi adalah antrian yang panjang pada fasilitas pengisian bahan bakar jenis Peralite yang banyak digunakan masyarakat. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui banyaknya fasilitas pelayanan yang dibutuhkan atau mengoptimalkan sistem antrian yang ada untuk dapat mengurangi antrian panjang. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah teori antrian dan simulasi ProModel. Penelitian ini menunjukkan bahwa fasilitas pengisian bahan bakar Peralite masih dalam kondisi yang belum baik atau memiliki antrian yang sangat panjang. Usulan skenario yang dibuat adalah dengan menambah satu fasilitas pengisian bahan bakar, mengurangi waktu proses pengisian bahan bakar pada satu jalur fasilitas pelayanan, dan melakukan perubahan pada salah satu fasilitas pengisian bahan bakar. Berdasarkan hasil uji coba simulasi yang dilakukan, didapatkan usulan skenario terbaik yaitu skenario 3. Pada skenario 3 memiliki rata-rata total exit sebanyak 193 pelanggan dan rata-rata current quantity dalam sistem sebanyak 5 pelanggan dengan rata-rata % utilization sebesar 87%.

ABSTRACT

This research was conducted at the Radio Dalam fuel station, which is a fuel station in South Jakarta that no longer sells low-octane gasoline, namely premium. The problem is the long queue at the Peralite type refueling facility, which is widely used by the community. This study aimed to determine the number of service facilities needed or to optimize the existing queuing system to reduce long queues. The methods used in this research are queue theory and ProModel simulation. This study shows that Peralite refueling facilities are still in poor condition or have very long queues. The proposed scenario is to add one refueling facility, reduce the refueling process time in one service facility line, and make changes to one of the refueling facilities. Based on the simulation trial results, the best proposed scenario is Scenario 3. In this scenario, the average total exit is 193 customers, the average current quantity in the system is 5 customers, and the average utilization rate is 87%.

* Penulis Korespondensi

Glisina Dwinoor Rembulan
E-mail: rembulanglisina@gmail.com

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



© 2025. Some rights reserved

1. PENDAHULUAN

Peningkatan penjualan kendaraan bermotor akan mempengaruhi tingginya konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor. Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) saat ini menjadi suatu hal yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat terutama di kota-kota besar seperti DKI Jakarta yang merupakan provinsi kedua dengan jumlah kendaraan bermotor terbanyak di Indonesia.

Menurut [International Council on Clean Transportation \(2025\)](#), stok kendaraan di Indonesia tumbuh rata-rata 5% per tahun dari 2015 hingga 2024, yang menyebabkan peningkatan konsumsi bahan bakar dan emisi gas rumah kaca. Data dari Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa sektor transportasi menyumbang sekitar 40% dari total konsumsi energi nasional dan 27% dari emisi gas rumah kaca. Di

Indonesia terdapat beberapa badan usaha yang melakukan penjualan bahan bakar kendaraan bermotor, salah satunya adalah PT Pertamina (Persero) yang merupakan badan usaha dengan penjualan Bahan Bakar Minyak (BBM) terbanyak dibandingkan badan usaha lainnya ([Databoks, 2019](#)).

PT Pertamina (Persero) memiliki berbagai jenis BBM dengan nilai oktan yang berbeda yaitu diantaranya bensin RON 88 (premium), bensin RON 90 (Peralite), bensin RON 92 (Pertamax), bensin RON 95 (Pertamax Turbo), dan lain-lainnya. Dari beberapa jenis BBM yang ada, jenis bensin Premium terus mengalami penurunan sejak tahun 2015 sampai 2020, sedangkan untuk Peralite dan Pertamax terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahunnya ([Databoks, 2022](#)).

Berkurangnya penjualan bensin jenis premium di Indonesia dikarenakan pemerintah mulai mengurangi

dan memberhentikan penjualan premium yang berakibat rendah di beberapa SPBU di Indonesia (Kompas, 2021). Pada tahun 2021, PT Pertamina mencatat mengalami kenaikan dalam konsumsi BBM pada jenis bensin Perta yaitu Pertalite, Pertamax, dan Pertamax Turbo di tiga kota wilayah DKI Jakarta yaitu Kota Jakarta Barat, Timur, dan Selatan melalui Regional Jawa Bagian Barat. Kota Jakarta Selatan merupakan kota dengan peningkatan tertinggi yaitu Pertalite sebesar 39% dari rata-rata konsumsi normal harian sekitar 190.000 liter, Pertamax sebesar 2% dari rata-rata konsumsi normal harian sekitar 5000 liter, dan Pertamax Turbo mengalami peningkatan di Jakarta Selatan sebesar 2% dari rata-rata konsumsi normal harian sekitar 1.000 liter (Liputan6, 2021).

Keterbatasan fasilitas pelayanan di Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum yang tidak sebanding dengan banyaknya pelanggan yang datang dapat menyebabkan antrian pada SPBU tersebut. Antrian panjang menciptakan kerugian bagi pelanggan yang menunggu maupun operator fasilitas (Nsude et al., 2017; Viana & Nurhidayat, 2019). Penelitian menunjukkan bahwa antrian di SPBU dapat menyebabkan ketidaknyamanan bagi konsumen dan menurunkan efisiensi operasional (Qamari & Trizula, 2022).

Simamora et al. (2025) menerapkan model antrian *multiple channel single phase* di SPBU 14.211.207 Pematangsiantar, yang menunjukkan bahwa penambahan jalur layanan dapat mengurangi waktu tunggu pelanggan dan meningkatkan efisiensi operasional. Selain itu, Ardiansyah et al. (2024) menggunakan simulasi ProModel untuk mengoptimalkan antrian truk, yang berhasil meningkatkan throughput sebesar 45% dan mengurangi waktu tunggu rata-rata secara signifikan.

Penerapan pendekatan berbasis simulasi dalam sistem layanan publik terbukti efektif untuk mengevaluasi sekaligus mengoptimalkan kinerja operasional. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode ini tidak hanya membantu memetakan kapasitas layanan, tetapi juga memungkinkan pengujian skenario-skenario perbaikan secara terstruktur. Misalnya, Rembulan et al. (2022) mengembangkan model integratif antara sistem persediaan tinjauan kontinu dengan permasalahan perutean kendaraan berbasis *time windows*. Model ini relevan dalam konteks pengelolaan distribusi bahan bakar ke SPBU yang menghadapi keterbatasan stok dan kendala akses logistik. Selain itu, Rembulan et al. (2020) menerapkan metode minimum spanning tree untuk mengoptimalkan panjang jaringan pipa air bersih di DKI Jakarta, yang menegaskan pentingnya efisiensi jalur distribusi dalam layanan publik. Dalam kaitannya dengan kualitas layanan, Gunawan et al. (2020) menunjukkan bahwa analisis mutu layanan berperan penting dalam meningkatkan kepuasan pelanggan pada sektor UMKM, yang juga relevan dengan evaluasi kinerja sistem antrian dan pelayanan di SPBU. Ketiga studi tersebut memberikan kontribusi terhadap dasar metodologis dan praktis dalam penelitian ini, khususnya terkait pemanfaatan simulasi dan analisis sistem untuk meningkatkan efisiensi operasional fasilitas layanan publik.

Dilihat dari kerugian yang bisa dihindarkan dari adanya sebuah antrian, penelitian ini dilakukan untuk mengurangi panjang antrian pada SPBU Radio Dalam

yang merupakan salah satu SPBU di Jakarta Selatan yang sudah tidak lagi menjual bensin jenis premium (JPNN, 2022). Penelitian ini dilakukan pada stasiun pengisian bahan bakar jenis Pertalite, Pertamax, dan Pertamax Turbo pada kendaraan sepeda motor. Dalam penelitian ini dilakukan analisis kinerja dari model sistem aktual yang terjadi di SPBU 34.121.15 menggunakan teori antrian dan metode simulasi dengan *software* komputer ProModel versi 10 untuk mengetahui bagaimanakah sistem antrian yang optimal untuk dapat mengurangi panjang antrian yang terjadi.

2. METODE PENELITIAN

Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan observasi/mengamati langsung dan mencatat jumlah kendaraan pada antrian yang terjadi di SPBU Radio Dalam selama 4 minggu dalam jam sibuk kendaraan mengantre per 1 jam. Pencatatan data mengenai jalur antrian, banyaknya fasilitas pelayanan, banyaknya kedatangan pelanggan, waktu antar kedatangan pelanggan, waktu proses pelayanan, dan banyaknya output yang keluar dari sistem dalam suatu periode.

2.1. Model Antrian M/M/1

Antrian adalah kedatangan pelanggan untuk mendapatkan layanan, menunggu untuk dilayani jika fasilitas layanan (*server*) masih sibuk, mendapatkan layanan dan kemudian meninggalkan sistem setelah dilayani (Sidabutar, 2018). Model antrian yang digunakan dalam penelitian ini dihitung dengan model M/M/1 (Model antrian jalur tunggal) karena sesuai dengan model antrian yang saat ini digunakan oleh SPBU Radio Dalam. Permasalahan antrian dapat diselesaikan apabila antrian yang ada memenuhi kondisi *steady state* (ρ) (Ramadhan et al., 2021),

$$\rho = \frac{\lambda}{c \cdot \mu} < 1 \quad (1)$$

Jika belum memenuhi kondisi *steady state* maka harus dilakukan penambahan fasilitas pelayanan atau mempercepat waktu pelayanan sesuai dengan kondisi yang ada. Rumus antrian untuk model ini adalah (Rachman, 2017):

$$a. \text{ Probabilitas tidak adanya pelanggan dalam sistem} \\ P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} \quad (2)$$

$$b. \text{ Jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem} \\ L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \quad (3)$$

$$c. \text{ Jumlah waktu rata-rata yang dihabiskan dalam sistem} \\ W_s = \frac{1}{\mu - \lambda} \quad (4)$$

$$d. \text{ Jumlah unit rata-rata yang menunggu dalam antrian} \\ L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (5)$$

$$e. \text{ Waktu rata-rata antrian dalam sistem} \\ W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (6)$$

dimana, λ = tingkat rata-rata kedatangan pelanggan per satuan waktu pada setiap jalur; dan μ = tingkat rata-rata pelayanan yang dapat dilayani per satuan waktu pada setiap jalur.

Data waktu setiap fasilitas diuji untuk mengetahui distribusi yang terbentuk. Pengujian distribusi dilakukan

menggunakan alat Stat:Fit. *Stat Fit* adalah suatu aplikasi statistik yang digunakan untuk menentukan distribusi yang terbentuk dari data-data yang akan diolah sebagai *input* dalam merancang suatu model dengan ProModel (Camerling & Manusiwa, 2017).

2.2. Simulasi ProModel

Model adalah gambaran atau analogi yang digunakan untuk membantu mendeskripsikan sesuatu yang tidak dapat dilihat secara langsung, sedangkan sistem adalah kumpulan dari beberapa komponen yang terorganisir dan masing-masing komponen yang ada akan saling berinteraksi (Mahessya et al., 2019; Trenggono, 2017). Simulasi adalah suatu teknik meniru operasi yang terjadi pada suatu sistem dengan bantuan perangkat komputer dan berdasarkan asumsi tertentu. Perancangan dan pembuatan model awal dilakukan dengan simulasi sistem menggunakan *software* ProModel. ProModel adalah salah satu *software* yang sudah dikenal oleh banyak orang sebagai sebuah *software* yang dapat dipakai untuk mensimulasikan industri manufaktur maupun mensimulasikan proses pada sebuah perusahaan. ProModel dapat memodelkan suatu sistem simulasi untuk berbagai model dan dengan kondisi yang berbeda-beda (Asih et al., 2019; Pasirulloh & Suryani, 2017). Perancangan model sistem awal disesuaikan dengan kondisi yang terjadi secara nyata di SPBU Radio Dalam. Perancangan model sistem awal menggunakan data distribusi yang telah diolah menggunakan Stat:Fit. Berikut merupakan elemen-elemen dalam pemodelan menggunakan ProModel (Akpinar et al., 2017):

a) Entities

Entities merupakan objek yang akan diproses di dalam sistem simulasi. *Entities* yang digunakan dalam pemodelan sistem ini adalah motor jalur 1 (pelanggan yang ingin mengisi bahan bakar Peralite/ Pertamina/ Pertamina Turbo), motor jalur 2 (pelanggan yang ingin mengisi bahan bakar Pertamina/ Pertamina Turbo), dan motor (pelanggan yang telah mengisi bahan bakar).

b) Locations

Locations merupakan tempat di dalam model sistem yang tidak bergerak dan berfungsi sebagai tempat, fasilitas, maupun jalur dimana *entities* diproses. *Locations* dari model sistem awal ini yaitu jalur masuk kendaraan, jalur 1 untuk motor yang ingin mengisi bahan bakar Peralite, Pertamina, dan Pertamina Turbo, jalur 2 untuk motor yang ingin mengisi bahan bakar Pertamina dan Pertamina Turbo, stasiun pengisian bahan bakar 1 untuk jalur 1, stasiun pengisian bahan bakar 2 untuk jalur 2, dan jalur keluar kendaraan yang telah di proses.

c) Arrivals

Arrivals merupakan kedatangan dari entitas yang akan masuk ke dalam setiap lokasi pada sistem. *Arrivals* dari model sistem awal ini yaitu kedatangan motor jalur 1 dan jalur 2 pada titik kedatangan pelanggan yaitu pada jalur masuk kendaraan. Pada entitas motor jalur 1 dan jalur 2, nilai *Qty each* merupakan banyaknya sekali kedatangan yaitu 1 kendaraan per kedatangan, nilai *first time* adalah 0, nilai *occurrences* adalah *infinite* (inf), dan *frequency*

diambil dari data distribusi waktu antar kedatangan pelanggan di tiap jalur pengisian.

d) Resource

Resources merupakan petugas atau operator yang bertugas atau melakukan operasi dalam sistem simulasi. *Resources* yang digunakan dalam pemodelan sistem ini adalah operator untuk jalur 1 dan operator untuk jalur 2.

e) Processing dan Routing

Processing merupakan proses pengolahan *entities* yang didefinisikan ke dalam sistem pemodelan sehingga sistem simulasi dapat dijalankan dan menghasilkan *output* tertentu. *Routing* merupakan hasil atau terusan dari tahapan-tahapan *processing* sehingga proses simulasi dapat terus berjalan terus menerus secara berurutan.

2.3. Validasi Model

Validasi model dilakukan untuk menguji apakah hasil dari model awal yang dibuat dengan simulasi sistem menggunakan ProModel sudah sesuai dengan apa yang terjadi di sistem nyatanya. Validasi dilakukan dengan melakukan uji statistik. Uji statistik dilakukan dengan beberapa cara, yaitu (Trenggono, 2017):

a) Uji Kecukupan Data Replikasi

Pengujian replikasi digunakan untuk mengetahui berapa banyak replikasi minimal yang diperlukan. Data dikatakan cukup jika nilai $N' < N$. Rumus dari uji replikasi adalah sebagai berikut:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (7)$$

$$e = \frac{(t_{n-1, \frac{\alpha}{2}})s}{\sqrt{n}} \quad (8)$$

$$N' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2})^2 s^2}{e^2} \right] \quad (9)$$

dimana, s : Standart Deviasi; \bar{X} : Rata-rata x ; n : Jumlah data; e : Nilai Error; $t_{n-1, \frac{\alpha}{2}}$: Nilai t_{tabel} ; dan $Z_{\alpha/2}$: Nilai Z_{tabel}

b) Uji T

Uji validasi selanjutnya dilakukan dengan menggunakan *Paired-Samples T Test*. Data dikatakan valid atau H_0 diterima jika $T_{\text{count}} < T_{\text{tabel}}$ atau $P\text{-value} > \alpha$. Hipotesis yang digunakan pada Uji T adalah sebagai berikut:

1. $H_0: \mu_1 = \mu_2$, rata-rata *output* sistem nyata sama dengan *output* rata-rata dari sistem simulasi
2. $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$, rata-rata *output* sistem nyata tidak sama dengan *output* rata-rata dari sistem simulasi

$$s = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n d_i^2 - (\sum_{i=1}^n d_i)^2}{n(n-1)}} \quad (10)$$

$$t_{\text{Count}} = \frac{\bar{d} - d_0}{s/\sqrt{n}} \quad (11)$$

dimana, d_i : Selisih nilai aktual dengan nilai simulasi ke- i ; \bar{d} : Rata-rata d_i dan d_0 : Selisih antara d_i dan \bar{d} .

Perancangan model sistem skenario dilakukan dengan menggunakan beberapa elemen yang sama dengan model sistem awal tetapi memberikan usulan perubahan sistem yang dapat mengatasi permasalahan yang terjadi pada sistem nyata. Setelah semua skenario yang ada dibuat dan dijalankan, skenario tersebut akan dianalisis dan dipilih skenario yang memiliki hasil

terbaik dan dapat mengoptimalkan permasalahan antrian yang terjadi pada sistem nyata.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Sistem Antrian

Sebelum dilakukan analisis antrian, terlebih dahulu harus diketahui nilai λ dan μ per 1 jam yang mewakili jam sibuk kendaraan di Indonesia. Kemudian dilakukan perhitungan apakah antrian dalam keadaan *steady state* atau tidak (Tabel 1).

Tabel 1. Nilai λ , μ , dan kondisi *steady state*

Kinerja Antrean	Jalur Antrian Pengisian Bahan Bakar	
	Jalur 1	Jalur 2
λ	121,8962	79,4702
μ	114,0444	109,2012
ρ	1,0688	0,7277
<i>Steady State</i>	Tidak Terpenuhi	Terpenuhi

Jalur 1 memiliki $\rho > 1$ atau antrean tidak dalam kondisi *steady state* atau dalam kondisi yang belum baik karena jalur 1 (Pertalite, Pertamina, dan Pertamina Turbo) merupakan jalur pengisian bahan bakar jenis Pertalite yang paling banyak dikonsumsi masyarakat sehingga perlu dilakukan perbaikan dengan penambahan jumlah fasilitas pelayanan ataupun dengan mengurangi waktu proses pelayanan pada jalur 1, sedangkan untuk jalur 2 (Pertamax dan Pertamina Turbo) antrean berada dalam kondisi *steady state* atau dalam kondisi yang sudah baik sehingga dapat dilakukan perhitungan model antrian selanjutnya.

Tabel 2. Perhitungan teori antrian model awal

Kinerja Antrean	Jalur Antrian Pengisian Bahan Bakar	
	Jalur 1	Jalur 2
P_0	-	0,2723
L_s	-	2,6730
W_s	-	0,0336
L_q	-	1,9452
W_q	-	0,0245

Jalur 1 tidak dapat dilakukan perhitungan teori antrian yang ada dikarenakan kondisi *steady state* yang

tidak terpenuhi. Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa probabilitas tidak adanya pelanggan dalam sistem (P_0) adalah 0,2723, jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem (L_s) adalah sebanyak 2,6730 atau 3 pelanggan, jumlah waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan dalam sistem (W_s) adalah selama 0,0336 jam atau 2,016 menit, jumlah unit rata-rata yang menunggu dalam antrian (L_q) adalah sebanyak 1,9452 atau 2 pelanggan, dan waktu rata-rata antrian dalam sistem (W_q) adalah selama 0,0245 jam atau 1,47 menit.

Pengambilan hasil distribusi dilakukan berdasarkan nilai *rank* dan *acceptancenya* pada Stat:Fit. Tabel 3 dan Tabel 4 merupakan hasil pengolahan data distribusi dari data-data yang telah dikumpulkan untuk waktu antar kedatangan dan waktu proses pelayanan pada kedua jalur pengisian bahan bakar yang ada.

Tabel 3. Hasil distribusi waktu antar kedatangan

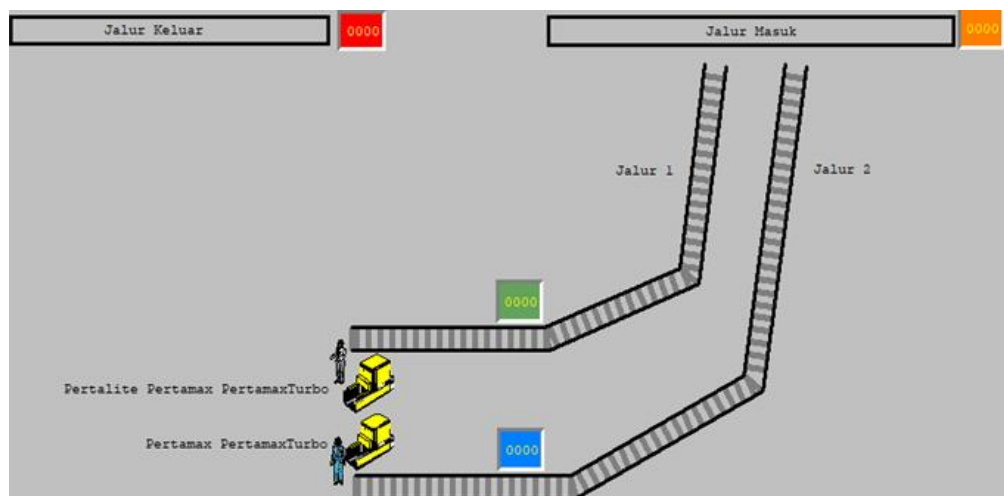
Jalur	Mean	Standart Deviasi	Distribusi
Jalur 1	29,9 detik	20,7 detik	Lognormal
Jalur 2	45,3 detik	22 detik	Normal

Tabel 4. Hasil distribusi waktu pelayanan

Lokasi	Mean	Standart Deviasi	Distribusi
Jalur 1	31,7 detik	5,52 detik	Lognormal
Jalur 2	33 detik	5,83 detik	Lognormal

3.2. Simulasi ProModel

Gambar 1 merupakan layout dari simulasi ProModel sebagai gambaran dari penempatan lokasi yang digunakan dalam pembuatan model awal sehingga mempermudah dalam merancang sebuah model sistem. Setelah dilakukan perancangan model awal simulasi ProModel, dilakukan uji statistik (uji kecukupan data dan uji T) untuk mengetahui apakah data historis yang dikumpulkan sudah cukup dan dapat mewakili antrian yang terjadi pada SPBU Radio Dalam dan model simulasi yang dibuat sesuai dengan sistem nyatanya. Uji kecukupan data replikasi digunakan untuk mengetahui apakah data replikasi sudah dalam keadaan cukup atau pengumpulan data historis yang pada tahap awal dilakukan selama 5 hari dengan 3 replikasi dapat mewakili antrian.



Gambar 1. Layout model awal simulasi promodel

Tabel 5. Hasil output model awal

No	Hasil Simulasi (Xi)	$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$
1	191	1,5333	2,3511
2	191	1,5333	2,3511
3	188	-1,4667	2,1511
4	194	4,5333	20,5511
5	179	-10,4667	109,5511
6	191	1,5333	2,3511
7	189	-0,4667	0,2178
8	191	1,5333	2,3511
9	189	-0,4667	0,2178
10	189	-0,4667	0,2178
11	191	1,5333	2,3511
12	184	-5,4667	29,8844
13	193	3,5333	12,4844
14	182	-7,4667	55,7511
15	200	10,5333	110,9511
Total	2842		353,7333
\bar{X}	189,4667		

Setelah dilakukan perhitungan berdasarkan Tabel 5, dilakukan perhitungan *standart deviasi* dan nilai *error* untuk dapat dilakukan perhitungan mengenai banyaknya replikasi minimum yang diperlukan.

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{353,7333}{15-1}} = 5,0266$$

Dalam perhitungan *error* terdapat nilai $(t_{n-1, \frac{\alpha}{2}})$, dimana n adalah sebanyak 15 data dengan taraf signifikansi (α) sebesar 5 % sehingga diketahui nilai $(t_{n-1, \frac{\alpha}{2}})$ adalah 2,145.

$$e = \frac{(t_{n-1, \frac{\alpha}{2}})S}{\sqrt{n}} = \frac{(2,145)5,0266}{\sqrt{15}} = 2,7836$$

Setelah diketahui nilai *standart deviasi* dan *errormya*, dilakukan perhitungan banyaknya replikasi minimum yang diperlukan untuk data simulasi. Dalam perhitungan banyaknya replikasi terdapat nilai $Z_{\alpha/2}$, dimana taraf signifikansi (α) adalah sebesar 5 % sehingga diketahui nilai $Z_{\alpha/2}$ adalah sebesar 1,96.

$$N' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2})^2 S^2}{e^2} \right] = \left[\frac{(1,96 \times 5,0266)^2}{2,7836^2} \right] = 12,5 \approx 13$$

Berdasarkan hasil perhitungan uji kecukupan data diketahui bahwa nilai $N' < N$ ($13 < 15$) sehingga dapat dikatakan data replikasi atau 15 data historis sudah cukup untuk mewakili antrian pada SPBU Radio Dalam.

Uji T digunakan untuk mengetahui apakah model simulasi dapat dikatakan sama dengan model sistem aktualnya. Tabel 6 merupakan hasil uji validasi pada model simulasi SPBU Radio Dalam. Perhitungan Uji T atau *Paired-Samples T Test* ini dilakukan dengan bantuan *add-ins* pada *software* Microsoft Excel (Tabel 7). Nilai t_{stat}/t_{hitung} yang diperoleh dari *Paired-Samples T Test* lebih kecil daripada t_{tabel} ($0,4127 < 2,145$) sehingga dapat dikatakan bahwa H_0 diterima dan H_1 ditolak. Kemudian jika dilihat pada *p-value* nya, diketahui bahwa nilai *p-value two-tail* yang didapat dari *Paired-Samples T Test* lebih besar dari α ($0,6861 > 0,05$) sehingga dapat dikatakan bahwa H_0 diterima dan H_1 ditolak atau tidak ada perbedaan *output* yang signifikan antara sistem nyata dan sistem simulasi sehingga dapat dikatakan bahwa model sistem awal simulasi

dinyatakan lolos uji dan valid atau sudah sesuai dengan kondisi nyatanya.

Tabel 6. Hasil output model awal simulasi promodel dan sistem nyata

Replikasi	Hasil Aktual	Hasil Simulasi
1	170	191
2	186	191
3	216	188
4	188	194
5	194	179
6	212	191
7	187	189
8	171	191
9	198	189
10	185	189
11	177	191
12	203	184
13	178	193
14	196	182
15	206	200

Tabel 7. Hasil uji validasi paired-samples T_{test}

	Hasil Aktual	Hasil Simulasi
Mean	191,133	189,4667
Observations	15	15
Hypothesized Difference	0	
df	14	
t Stat	0,4127	
P(T<=t) one-tail	0,3430	
t Critical one-tail	1,7613	
P(T<=t) two-tail	0,6861	
t Critical two-tail	2,145	

Setelah dilakukan uji validasi terhadap model simulasi awal yang dibuat, dilakukan analisis hasil simulasi pada model awal sebelum dilakukan uji coba simulasi kondisi usulan untuk memperbaiki permasalahan yang terjadi pada sistem antrian pada SPBU Radio Dalam (Tabel 8)

Tabel 8. Hasil simulasi promodel model awal

Model Awal (15 Replikasi)		
Entitas (Motor)	Total	Average
Total Exits	2842	189,4667
Current Qty in System Jalur 1	204	13,6
Current Qty in System Jalur 2	18	1,2
% Utilization Jalur 1		97,7092
% Utilization Jalur 2		73,0876

Total exist atau rata-rata motor yang dapat dilayani oleh kedua jalur pelayanan adalah sebesar 189,4667 atau 189 pelanggan per jamnya. Untuk *current quantity in system* (siswa antrian saat simulasi berakhir) dari jalur 1 adalah sebesar 13,6 atau 14 pelanggan, sedangkan untuk jalur 2 adalah sebesar 1,2 atau 2 pelanggan. Dan untuk % *utilization* (persentase stasiun pengisian digunakan) dari jalur 1 adalah sebesar 97,7092% dan jalur 2 adalah sebesar 73,0876%. Dari hasil diatas, dapat dilihat bahwa kedua jalur sangatlah memiliki perbedaan yang signifikan

pada hasil outputnya. Hal ini disebabkan karena daya beli masyarakat yang masih cenderung menggunakan bahan bakar yang beroktan rendah yaitu Pertalite, sehingga terjadi penumpukan antrian pada stasiun pengisian bahan bakar Pertalite.

Berdasarkan hasil perhitungan pada teori antrian, jalur 1 (jalur pengisian bahan bakar Pertalite, Pertamina, dan Pertamina Turbo) masih berada dalam kondisi tidak *steady state*, sehingga dibutuhkan penambahan jumlah fasilitas pelayanan atau mengurangi waktu pelayanan pada fasilitas pelayanan (menambah jumlah pelanggan yang dapat terlayani dalam satu satuan waktu tertentu), Jalur 2 sudah berada dalam kondisi *steady state* sehingga tidak dilakukan perubahan. Skenario 1 dilakukan perhitungan untuk mengetahui jumlah fasilitas minimum pada jalur 1 agar berada dalam *kondisi state*.

$$\rho = \frac{\lambda}{c \cdot \mu} < 1$$

$$1 > \frac{121,8962}{c \cdot 114,0444}$$

$$c > \frac{121,8962}{114,0444}$$

$$c > 1,0688 \approx 2 \text{ fasilitas}$$

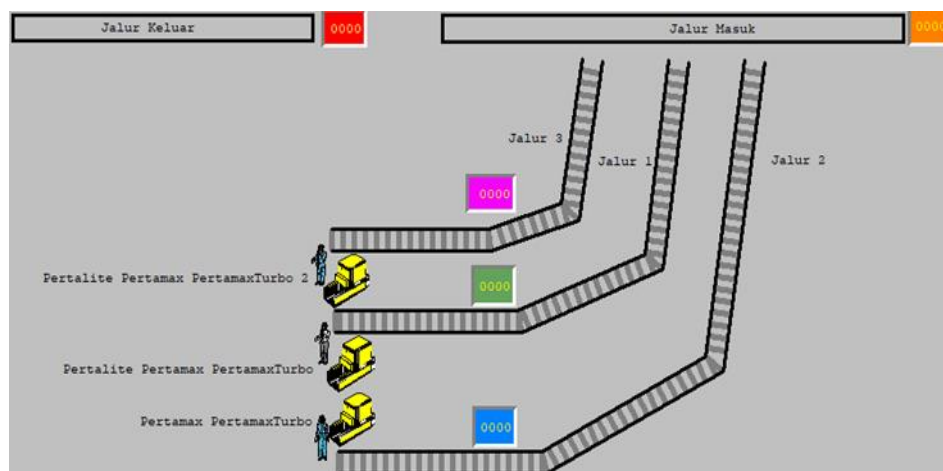
Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diketahui bahwa fasilitas minimal yang dibutuhkan untuk jalur 1 adalah sebanyak 2 fasilitas, maka dari itu skenario 1 akan dibuat dengan menambahkan 1 fasilitas untuk jalur pengisian bahan bakar jenis Pertalite, Pertamina, dan Pertamina Turbo (Tabel 9).

Penambahan 1 fasilitas pelayanan yang sama seperti jalur 1 sudah memenuhi keadaan *steady state* dan diketahui probabilitas tidak adanya pelanggan dalam sistem untuk jalur 1 dan 3 (P_0) adalah 0,4656, jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem (L_s) adalah sebanyak 1,1479 atau 2 pelanggan, jumlah waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan dalam sistem (W_s) adalah selama 0,0188 jam atau 1,128 menit, jumlah unit rata-rata yang menunggu dalam antrian (L_q) adalah sebanyak 0,6135 atau 1 pelanggan, dan waktu rata-rata antrian dalam sistem (W_q).

Sedangkan skenario 1 pada simulasi ProModel, dibuat model seperti pada usulan skenario 1 teori antrian yaitu dengan penambahan 1 fasilitas pelayanan yang sama seperti jalur 1 untuk mengurangi penumpukan antrian pada jalur tersebut (Gambar 2). Penambahan 1 fasilitas untuk pengisian bahan bakar jenis Pertalite, Pertamina, dan Pertamina Turbo, rata-rata *total exit* atau banyaknya motor yang dapat terlayani oleh ketiga jalur adalah 198,2667 atau 198 pelanggan (mengalami peningkatan rata-rata 9 penumpang per jam dari model awal). Berdasarkan *current quantity in systemnya* (sisa antrian saat simulasi berakhir), dengan ditambahkan 1 fasilitas tambahan terjadi penurunan rata-rata sebanyak 12 motor pada jalur 1 dari model awalnya. Berdasarkan % *utilization* (persentase stasiun pengisian digunakan) terjadi penurunan 46% pada jalur 1 dari model awalnya (Tabel 10).

Tabel 9. Teori antrian skenario 1

Kinerja Antrean	Jalur 1 (Pertalite, Pertamina, dan Pertamax Turbo)	Jalur 2 (Pertamax dan Pertamax Turbo)	Jalur 3 (Pertalite, Pertamina, dan Pertamax Turbo)
λ	60,9481	79,4702	60,9481
μ	114,0444	109,2012	114,0444
ρ	0,5344	0,7277	0,5344
<i>Steady State</i>	Terpenuhi	Terpenuhi	Terpenuhi
P_0	0,4656	0,2723	0,4656
L_s	1,1479	2,6730	1,1479
W_s	0,0188	0,0336	0,0188
L_q	0,6135	1,9452	0,6135
W_q	0,0101	0,0245	0,0101



Gambar 2. Layout model skenario 1 simulasi promodel

Tabel 10. Hasil usulan skenario 1 simulasi promodel

Model Skenario 1 (15 Replikasi)		
Entitas (Motor)	Total	Average
<i>Total Exits</i>	2974	198,2667
<i>Current Qty In System</i> Jalur 1	19	1,2667
<i>Current Qty In System</i> Jalur 2	17	1,1333
<i>Current Qty In System</i> Jalur 3	16	1,0667
% <i>Utilization</i> Jalur 1		51,4278
% <i>Utilization</i> Jalur 2		72,7666
% <i>Utilization</i> Jalur 3		53,5512

Skenario 2 pada teori antrian dilakukan dengan cara kedua untuk memenuhi kondisi tidak *steady state* pada jalur 1 (jalur pengisian bahan bakar Peralite, Pertamina, dan Pertamina Turbo) yaitu dengan melakukan perhitungan untuk mengurangi waktu pelayanan sehingga dapat menambah jumlah pelanggan yang dapat terlayani dalam satuan waktu tertentu untuk memenuhi *kondisi state* pada jalur 1. Untuk mengetahui jumlah pelanggan minimum yang dapat terlayani dalam satuan waktu tertentu atau waktu pelayanan minimum yang dibutuhkan agar antrian pada jalur 1 berada dalam *kondisi state*, dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{\lambda}{c \cdot \mu} < 1$$

$$1 > \frac{121,8962}{1 \cdot \mu}$$

$$\mu > \frac{121,8962}{1}$$

$$\mu > 121,8962$$

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa jumlah pelanggan minimum yang dapat terlayani untuk jalur pengisian bahan bakar jalur 1 (jalur pengisian bahan bakar Peralite, Pertamina, dan Pertamina Turbo) adalah lebih dari 121,8962 pelanggan atau pengurangan minimal 6,44% waktu proses pelayanan pada jalur 1, maka dari itu skenario 2 akan dibuat dengan pengurangan 10% waktu pelayanan pada jalur 1.

Tabel 11. Teori antrian skenario 2

Kinerja Antrean	Jalur 1 (Peralite, Pertamina, dan Pertamina Turbo)	Jalur 2 (Pertamax dan Pertamina Turbo)
λ	121,8962	79,4702
μ	126,7159	109,2012
ρ	0,9620	0,7277
<i>Steady State</i>	Terpenuhi	Terpenuhi
Po	0,0380	0,2723
Ls	25,2908	2,6730
Ws	0,2075	0,0336
Lq	24,3288	1,9452
Wq	0,1996	0,0245

Berdasarkan Tabel 11 dapat dilihat bahwa dengan pengurangan 10% waktu proses pelayanan pada jalur 1 (jalur pengisian bahan bakar Peralite, Pertamina, dan Pertamina Turbo), jalur 1 sudah memenuhi keadaan

steady state dan diketahui probabilitas tidak adanya pelanggan dalam sistem untuk jalur 1 (Po) adalah 0,0380, jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem (Ls) adalah sebanyak 25,2908 atau 26 pelanggan, jumlah waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan dalam sistem (Ws) adalah selama 0,2075 jam atau 12,45 menit, jumlah unit rata-rata yang menunggu dalam antrian (Lq) adalah sebanyak 24,3288 atau 25 pelanggan, dan waktu rata-rata antrian dalam sistem (Wq) adalah selama 0,1996 jam atau 11,976 menit.

Sedangkan skenario 2 pada simulasi ProModel, dibuat model seperti pada usulan skenario 2 teori antrian yaitu dengan pengurangan 10% waktu pelayanan pada jalur 1 (jalur pengisian bahan bakar Peralite, Pertamina, dan Pertamina Turbo) untuk mengurangi penumpukan antrian pada jalur tersebut. Dengan *layout* simulasi yang sama dengan model awal, dilakukan penentuan distribusi waktu proses jalur 1 (Tabel 12)

Tabel 12. Hasil distribusi waktu proses skenario 2

Lokasi	Mean	Standart Deviasi	Distribusi
Jalur 1	28,5 detik	4,94 detik	Lognormal
Jalur 2	33 detik	5,83 detik	Lognormal

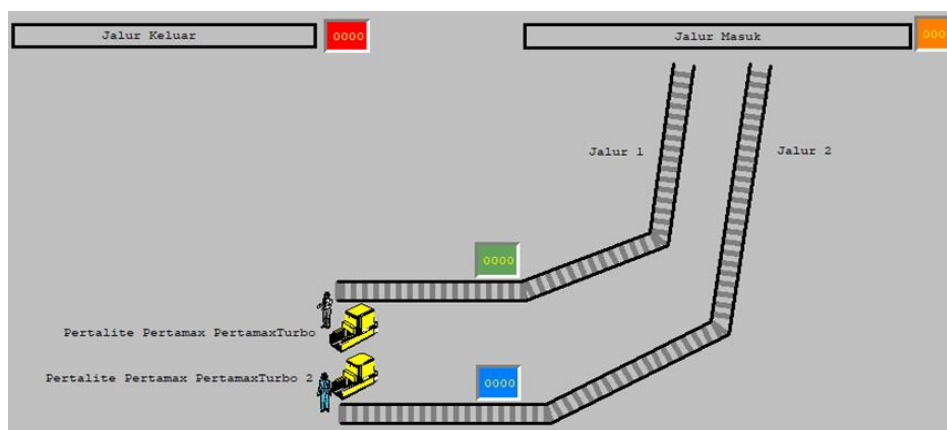
Setelah pembuatan model simulasi ProModel skenario 2, model dijalankan dan didapatkan hasil pengurangan 10% waktu pelayanan pada jalur 1, rata-rata *total exit* atau banyaknya motor yang dapat terlayani pada kedua jalur adalah 197,2 atau 197 pelanggan (mengalami peningkatan rata-rata 8 penumpang per jam dari model awal). Berdasarkan *current quantity in systemnya* (sisa antrian saat simulasi berakhir), dengan pengurangan 10% waktu pelayanan pada jalur 1 terjadi penurunan rata-rata sebanyak 7 motor pada jalur 1 dari model awalnya. Untuk % *utilization* terjadi penurunan 4% pada jalur 1 dari model awalnya (Tabel 13).

Tabel 13. Hasil usulan skenario 2 simulasi promodel

Model Skenario 2 (15 Replikasi)		
Entitas (Motor)	Total	Average
<i>Total Exits</i>	2958	197,2
<i>Current Qty in System</i> Jalur 1	91	6,0667
<i>Current Qty in System</i> Jalur 2	10	0,6667
% <i>Utilization</i> Jalur 1		93,5681
% <i>Utilization</i> Jalur 2		73,3442

Skenario 3 dilakukan dengan melakukan perubahan pada jalur 2 (jalur pengisian Pertamina dan Pertamina Turbo) menjadi seperti jalur 1 (jalur pengisian Peralite, Pertamina, dan Pertamina Turbo). Hal tersebut dilakukan karena melihat dari panjang antrian pada jalur 2 yang lebih pendek dibandingkan dengan jalur 1 yang dipengaruhi oleh daya beli masyarakat yang cenderung memilih bahan bakar jenis Peralite yang hanya terdapat pada jalur 1 (Tabel 14).

Perubahan jalur 2 menjadi sama seperti jalur 1, jalur 1 sudah memenuhi keadaan *steady state* dan diketahui probabilitas tidak adanya pelanggan dalam sistem untuk jalur 1 dan jalur 2 (Po) adalah 0,1172,



Gambar 3. Layout model skenario 3 simulasi promodel

jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem (L_s) adalah sebanyak 7,5355 atau 8 pelanggan, jumlah waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan dalam sistem (W_s) adalah selama 0,0748 jam atau 4,488 menit, jumlah unit rata-rata yang menunggu dalam antrian (L_q) adalah sebanyak 6,6527 atau 7 pelanggan, dan waktu rata-rata antrian dalam sistem (W_q) adalah selama 0,0661 jam atau 3,966 menit.

Tabel 14. Teori antrian skenario 3

Kinerja Antrian	Jalur 1 (Pertalite, Pertamax, dan Pertamax Turbo)	Jalur 2 (Pertalite, Pertamax, dan Pertamax Turbo)
λ	100,6832	100,6832
μ	114,0444	114,0444
ρ	0,8828	0,8828
Steady State	Terpenuhi	Terpenuhi
P_o	0,1172	0,1172
L_s	7,5355	7,5355
W_s	0,0748	0,0748
L_q	6,6527	6,6527
W_q	0,0661	0,0661

Skenario 3 pada simulasi ProModel, dibuat model dengan perubahan pada jalur 2 (jalur pengisian Pertamina dan Pertamina Turbo) menjadi seperti jalur 1 (jalur pengisian Pertalite, Pertamina, dan Pertamina Turbo) untuk mengurangi penumpukan antrian pada jalur 1 (Gambar 3).

Perubahan jalur 2 menjadi pengisian bahan bakar jenis Pertalite, Pertamina, dan Pertamina Turbo, rata-rata *total exit* atau banyaknya motor yang dapat

terlayani adalah 193,2667 atau 193 pelanggan (mengalami peningkatan rata-rata 4 penumpang per jam dari model awal). Berdasarkan *current quantity in system*nya, dengan merubah jalur 2 terjadi penurunan rata-rata sebanyak 9 motor pada jalur 1 dan peningkatan 2 motor pada jalur 2 dari model awalnya. Hasil % *utilization* menunjukkan terjadi penurunan 10% pada jalur 1 dan peningkatan 15% pada jalur 2 dari model awalnya (Tabel 15).

Tabel 15. Hasil usulan skenario 3 simulasi promodel

Model Skenario 3 (15 Replikasi)		
Entitas (Motor)	Total	Average
Total Exits	2899	193,267
Current Qty In System Jalur 1	69	4,6
Current Qty In System Jalur 2	58	3,8777
% Utilization Jalur 1		87,3288
% Utilization Jalur 2		88,1978

Setelah dilakukan pembuatan model awal dan juga skenario perubahan dari sistem antrian di SPBU Radio Dalam, dilakukan analisis perbandingan dari hasil model awal dan ketiga skenario yang dibuat untuk melihat perbedaan dan juga perubahan dari dibuatnya skenario yang ada (Tabel 16). Selain dari teori antrian, dilakukan juga analisis perbandingan dari hasil model awal dengan ketiga skenario yang ada berdasarkan metode simulasi ProModel (Tabel 17).

Skenario 1 merupakan skenario yang unggul pada antrian pengisian bahan bakar yang pendek, *total exit* terbanyak, dan *current quantity in system* tersedikit dari antara model awal dan kedua skenario lainnya, tetapi skenario 1 memiliki kekurangan yaitu % *utilization* yang kecil atau dapat dikatakan fasilitas pelayanan tidak

Tabel 16. Perbandingan model awal dan skenario teori antrian

Kinerja Antrian	Model Awal	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Steady State	Tidak Terpenuhi (Jalur 1)	Terpenuhi	Terpenuhi	Terpenuhi
Rata-Rata P_o	-	0,4011	0,1551	0,1172
Rata-Rata L_s	-	1,6562	13,9819	7,5355
Rata-Rata W_s	-	0,0238	0,1206	0,0748
Rata-Rata L_q	-	1,0574	13,137	6,6527
Rata-Rata W_q	-	0,0149	0,112	0,0661

Tabel 17. Perbandingan model awal dan skenario simulasi promodel

Kinerja Antrean	Model Awal	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
<i>Steady State</i>	Tidak Terpenuhi (Jalur 1)	Terpenuhi	Terpenuhi	Terpenuhi
Rata-Rata Po	-	0,4011	0,1551	0,1172
Rata-Rata Ls	-	1,6562	13,9819	7,5355
Rata-Rata Ws	-	0,0238	0,1206	0,0748
Rata-Rata Lq	-	1,0574	13,137	6,6527
Rata-Rata Wq	-	0,0149	0,112	0,0661

digunakan sepenuhnya, dalam menambahkan satu fasilitas tambahan untuk pengisian bahan bakar Peralite, Pertamina, dan Pertamina Turbo tentunya dibutuhkan perizinan dan akan membutuhkan biaya yang besar serta waktu yang cukup lama dalam penambahan satu fasilitas pelayanan tersebut.

Skenario 2 merupakan skenario yang berada di antara model awal dan kedua skenario lainnya dan memiliki kekurangan yaitu masih panjangnya antrian pada jalur pengisian bahan bakarnya dan untuk mengurangi waktu proses pada setiap jalur pengisian perlu adanya pelatihan terhadap operator yang melayani pengisian bahan bakar agar dapat melayani pelanggan lebih cepat serta edukasi terhadap pelanggan mengenai tahapan dalam pengisian bahan bakar yang baik agar proses antrian lebih baik dan lebih cepat sehingga tidak menimbulkan antrian yang panjang.

Skenario 3 merupakan skenario yang unggul pada rata-rata % *utilization* tertinggi dan probabilitas kosongnya pelanggan dalam fasilitas pelayanan terkecil dari antara model awal dan kedua skenario lainnya. Skenario 3 dinilai sebagai skenario terbaik karena skenario 3 tidak membutuhkan biaya yang besar dan waktu yang banyak dalam pengaplikasiannya karena masih tersedia satu tempat pengisian bahan bakar Pertamina yang belum digunakan sehingga dapat dijadikan tempat pengisian bahan bakar Peralite, tidak membutuhkan edukasi terhadap operator dan pelanggan untuk mengurangi waktu prosesnya.

Dalam penelitian ini, distribusi waktu antar kedatangan pelanggan dan waktu pelayanan pada SPBU didekati menggunakan distribusi normal dan lognormal. Pendekatan ini didasarkan pada pertimbangan karakteristik sistem nyata yang sering kali menunjukkan pola variabilitas waktu yang tidak sepenuhnya acak atau eksponensial. Distribusi lognormal digunakan untuk merepresentasikan waktu antar kedatangan yang bersifat skewed akibat pengaruh perilaku manusia, fluktuasi waktu sibuk, dan ketidakaturan dalam pola kedatangan (Banks *et al.*, 2010). Sementara itu, distribusi normal digunakan untuk mendekati waktu pelayanan yang relatif stabil dan simetris, terutama pada sistem pelayanan yang telah terstandarisasi dan berada dalam kendali operasional

(Bhat, 2015; Law, 2015). Pendekatan ini telah banyak diterapkan dalam studi simulasi sistem layanan publik dan terbukti memberikan hasil yang lebih realistis dibandingkan pendekatan distribusi eksponensial klasik.

Penelitian ini memiliki sejumlah perbedaan signifikan dibandingkan studi sebelumnya. Misalnya, Simamora *et al.* (2020) menerapkan model antrian *multiple channel single phase* pada SPBU di Pematangsiantar dengan fokus umum pada seluruh jenis kendaraan, sedangkan penelitian ini secara khusus menganalisis layanan pengisian BBM untuk kendaraan roda dua di SPBU kawasan Jakarta Selatan, yang memiliki dinamika dan kepadatan yang berbeda.

Berbeda pula dengan Gumelar & Darajatun (2021) yang menekankan pada simulasi sistem antrean di SPBU di Makassar, penelitian ini menitikberatkan pada optimasi waktu tunggu melalui pendekatan simulasi berbasis distribusi lognormal dan normal yang telah terjustifikasi secara teoritis. Sementara itu, Findari *et al.* (2019) mengaplikasikan ProModel dalam konteks layanan kesehatan, bukan layanan ritel langsung seperti SPBU. Oleh karena itu, kebaruan penelitian ini terletak pada fokus kontekstual (SPBU khusus motor di ibu kota), pendekatan distribusi waktu yang disesuaikan secara realistis, serta pengujian beberapa skenario layanan dalam simulasi yang dapat dijadikan referensi kebijakan operasional di wilayah padat kendaraan.

3.3. Analisis Sensitivitas

Untuk menguji seberapa sensitif sistem terhadap variasi kondisi operasional di dunia nyata, dilakukan analisis sensitivitas terhadap dua parameter utama, yaitu tingkat kedatangan pelanggan (λ), dan waktu pelayanan (μ). Analisis dilakukan terhadap skenario terbaik, yaitu Skenario 3, dengan memvariasikan parameter $\pm 10\%$ dan $\pm 20\%$ dari nilai dasar.

Hasil menunjukkan bahwa skenario terbaik tetap relatif stabil meskipun terjadi fluktuasi pada tingkat kedatangan maupun waktu pelayanan. Namun, sistem mulai menunjukkan peningkatan antrean dan utilisasi mendekati kapasitas maksimum ($>95\%$) pada kondisi $+20\%$ λ dan $+20\%$ waktu pelayanan. Ini mengindikasikan bahwa skenario 3 masih robust dalam batas variasi $\pm 10\%$ tetapi membutuhkan perhatian lebih dalam kondisi ekstrem (Tabel 18 dan Tabel 19).

Tabel 18. Analisis sensitivitas variasi tingkat kedatangan (λ)

Perubahan λ	Rata-rata Total Exit	Current Qty in System	% Utilization Jalur 1	% Utilization Jalur 2
-20%	162	2,8	75%	73%
-10%	176	3,6	81%	80%
Dasar	193,3	4,2	87,3%	88,2%
+10%	208	6,3	93%	95%
+20%	221	8,1	97%	99%

Tabel 19. Analisis sensitivitas variasi waktu pelayanan (μ)

Perubahan μ	Rata-rata Total Exit	Current Qty in System	% Utilization Jalur 1	% Utilization Jalur 2
+20% (lebih lambat)	174	6,8	95%	94%
+10%	184	5,6	91%	90%
Dasar	193,3	4,2	87,3%	88,2%
-10% (lebih cepat)	202	3,1	82%	80%
-20%	214	2,5	76%	75%

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian mendapatkan hasil pada skenario 1 memiliki rata-rata *total exit* sebanyak 198 pelanggan dan rata-rata *current quantity in system*nya sebanyak 2 pelanggan dengan rata-rata % *utilization* sebesar 59%. Pada skenario 2 memiliki rata-rata *total exit* sebanyak 197 pelanggan dan rata-rata *current quantity in system*nya sebanyak 4 pelanggan dengan rata-rata % *utilization* sebesar 83%. Pada skenario 3 memiliki rata-rata *total exit* sebanyak 193 pelanggan dan rata-rata *current quantity in system*nya sebanyak 5 pelanggan dengan rata-rata % *utilization* sebesar 87%.

Skenario terbaik dari antara ketiga skenario yang ada adalah skenario ketiga yaitu perubahan pada jalur 2 yaitu fasilitas pengisian bahan bakar Pertamina dan Pertamina Turbo menjadi Peralite, Pertamina, dan Pertamina Turbo karena memiliki antrean yang sudah cukup pendek untuk kedua jalur, memiliki % *utilization* yang tinggi untuk, dan tidak membutuhkan membutuhkan biaya dan waktu yang banyak dalam pengaplikasiannya, serta tidak membutuhkan pelatihan terhadap operator dan edukasi kepada pelanggan untuk mengurangi waktu prosesnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Akpinar, M. E., Yildizel, S. A., Karabulut, Y., & Doğan, E. (2017). Simulation optimization for transportation system: A real case application. *TEM Journal*, 6(1), 97–102. <https://doi.org/10.18421/TEM61-14>
- Ardiansyah, R., Akbar, M., & Hijuzaman, O. (2024). Simulation optimization of truck queue loading process: Discrete simulation approach with ProModel software at PT XYZ. *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, 16(3), 295–308. <https://doi.org/10.22219/oe.2024.v16.i3.12>
- Asih, H. M., Eng, C. K., & Ph'ng, L. M. (2019). Simulation of mixed-load testing process in an electronic manufacturing company. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 17(1), 408–416. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v17i1.10146>
- Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. (2010). *Discrete-event system simulation* (5th ed.). Pearson Education. https://www.google.co.id/books/edition/_/LNV9PgAACAAJ?hl
- Bhat, U. N. (2015). *An Introduction to Queueing Theory*. Birkhäuser Boston. <https://doi.org/10.1007/978-0-8176-8421-1>
- Camerling, B. J., & Manusiwa, J. P. (2017). Model Simulasi Untuk Menganalisis Kinerja Sistem Antrian Kapal Tanker Pada Dermaga Pt. Pertamina Tbbm Wayame Ambon. *Arika*, 11(1), 21–34. <https://doi.org/10.30598/arika.2017.11>
- Databoks. (2019). *Pertamina (Persero) Mendominasi Penjualan BBM*. <https://databoks.katadata.co.id/energi/statistik/8386032979f9a71/pertamina-persero-mendominasi-penjualan-bbm>
- Databoks. (2021). *Penjualan Motor Domestik Meningkat 37,1% pada Agustus 2021*. <https://databoks.katadata.co.id/transportasi-logistik/statistik/4da60f87b07d8e4/penjualan-motor-domestik-meningkat-371-pada-agustus-2021>
- Databoks. (2022). *Berapa Konsumsi Bensin RON 88 dan RON 90 di Indonesia?* <https://databoks.katadata.co.id/energi/statistik/95fde1fa7757ccf/berapa-konsumsi-bensin-ron-88-dan-ron-90-di-indonesia>
- Findari, W. S., & Nugroho, Y. A. (2019). Design Improvement of Queuing System Using Simulation and Six Sigma: A case study. *International Journal of Applied Business and Information Systems*, 3(1), 1–8. <https://pubs.ascee.org/index.php/ijabis/article/view/156>
- Gumelar, G., & Darajatun, R. A. (2021). Penerapan Sistem Antrian Dengan Simulasi Model Menggunakan Software Promodel Di PT. Retail Berkah. *Jurnal PATRIA ARTHA Technological*, 5(2), 113–117. <https://ejournal.patria-artha.ac.id/index.php/patj/article/view/440>
- Gunawan, F. E., Wilujeng, F. R., Rembulan, G. D., & Tannady, H. (2020). Service quality analysis of SMEs Tempe in Province of Jakarta, Indonesia. *Technology Reports of Kansai University*, 62(7), 3827–3833. <https://newlibrary.binus.ac.id/detail/3A75513E-CF9A-4606-A520-659978623AC7>
- International Council on Clean Transportation. (2025). *The pace of Indonesia's electric vehicle transition*. https://theicct.org/wp-content/uploads/2025/02/ID-229-%E2%80%9393-IDN-roadmap_working-paper_final.pdf
- JPNN. (2022). *PP 117/2021 Berlaku, tetapi Sejumlah SPBU di Jaksel tidak Menjual Premium, Kok?*. <https://m.jpnn.com/news/pp-1172021-berlaku-tetapi-sejumlah-spbu-di-jaksel-tidak-menjual-premium-kok>
- Kompas. (2021). *Siap-siap, BBM Premium Bakal*

- Dihapus* *Diganti* *Pertalite*.
<https://otomotif.kompas.com/read/2021/10/26/131808015/siap-siap-bbm-premium-bakal-dihapus-diganti-pertalite>
- Law, A. M. (2015). *Simulation modeling and analysis* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
https://www.google.co.id/books/edition/_/0qdNM AEACAAJ
- Liputan6. (2021). *Pertamina Catat Lonjakan Konsumsi Pertalite Cs di 3 Wilayah Jakarta*.
<https://www.liputan6.com/bisnis/read/4465176/pertamina-catat-lonjakan-konsumsi-pertalite-cs-di-3-wilayah-jakarta>
- Mahessya, R. A., Putra, R. D., & Veri, J. (2019). Pemodelan Dan Simulasi Penerapan Antrian Multiphase Pada Antrian Pembuatan Sim Pengendara Sepeda Motor Dipolres Sijunjung. *Jurnal Sains Dan Informatika*, 5(1), 34.
<https://doi.org/10.22216/jsi.v5i1.40>
- Nsude, F. I., Elem-Uche, O., & Uwabunkonye, B. (2017). Analysis of Multiple-queue Multiple-server Queuing System: A Case Study of First Bank NIG. PLC, Afikpo Branch. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 8(1), 1700–1709.
<https://www.researchgate.net/publication/371718399>
- Pasirulloh, M. A., & Suryani, E. (2017). Pemodelan Dan Simulasi Sistem Industri Manufaktur Menggunakan Metode Simulasi Hybrid. *JURNAL TEKNIK ITS*, 6(2), 1–11.
<http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/23141>
- Qamari, I. N., & Trizula, S. A. (2022). Decision of queuing models and layout design at a gas station. *MIX: Jurnal Ilmiah Manajemen*, 12(1), 128–139.
http://dx.doi.org/10.22441/jurnal_mix.2022.v12i1.0010
- Rachman, T. (2017). Simulasi model antrian optimal loket pembayaran parkir. *Jurnal INOVISI*, 12(2), 72–85.
<http://ejurnal.esaunggul.ac.id/index.php/inovisi/article/view/1919>
- Ramadhan, M. Y., Herwanto, D., & Akhriyani, L. (2021). Analisis Ukuran Kinerja Sistem Pelayanan Pada Antrian Alfamidi Jalan HS. Ronggo Waluyo Karawang. *Nusantara of Engineering (NOE)* 4(01), 35–44.
<https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/noe/article/view/15909>
- Rembulan, G. D., Juliete, L., & Julianto, V. (2020). Optimalisasi panjang jaringan pipa air bersih di DKI Jakarta menggunakan minimum spanning tree. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 6(1), 45–52.
<https://doi.org/10.30656/intech.v6i1.2164>
- Rembulan, G. D., Nurprihatin, F., & Kristardi, F. S. (2022). An integrated model of continuous review inventory and vehicle routing problem with time windows. *Acta Infologica*, 6(2), 209–218.
<https://doi.org/10.26650/acin.1104460>
- Sidabutar, I. (2018). *Queue Simulation using the First In First Out Algorithm*. 12(2), 40–43.
<https://www.neliti.com/publications/326772/queue-simulation-using-the-first-in-first-out-algorithm>
- Simamora, R., & Sianturi, R. (2025). Optimization of service at public fuel filling stations (SPBU) using multiple channel single phase queue model. *CAUCHY: Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi*, 10(1), 415–427.
<https://doi.org/10.18860/cauchy.v10i1.31374>
- Trenggonowati, D. L. (2017). Simulation System Optimize the Time of Process. *PERFORMA: Media Ilmiah Teknik Industri*, 16(2), 134–142.
<https://doi.org/10.20961/performa.16.2.16988>
- Viana, N. A., & Nurhidayat, A. E. (2019). Analisis Sistem Antrian dalam Meningkatkan Pelayanan Customer Di PT. Optima Kurnia Elok Menggunakan Promodel. *Jurnal Optimasi Teknik Industri (JOTI)*, 1(2), 10.
<https://doi.org/10.30998/joti.v1i2.4126>